

IMPLANTODONTIE

Revue trimestrielle d'implantologie orale N° 44

IMPLANTS

ZIRCON
TITANE
ZIRCON
TITANE

ZIRCON
ZIRCON
ZIRCON
ZIRCON



Février 2002

Implantologie Orale et Mécanique des Structures

Alain RUET

Note liminaire

Il s'agit d'une approche fondée sur le principe de la mécanique des structures. Dans celle-ci, on admet que dans notre spécialité, un système est une structure constituée :

- de l'os,
- de l'implant proprement dit, adoptant une position «para-perpendiculaire» à l'os,
- de la superstructure avec son dispositif de connexion.

On adoptera également un certain nombre d'hypothèses simplificatrices, la vraie question étant, à priori, de vérifier au moyen de quelques réflexions simples de statique que cette méthode est susceptible de fournir des résultats intéressants.

Cas n°1 : Implants non solidarisés

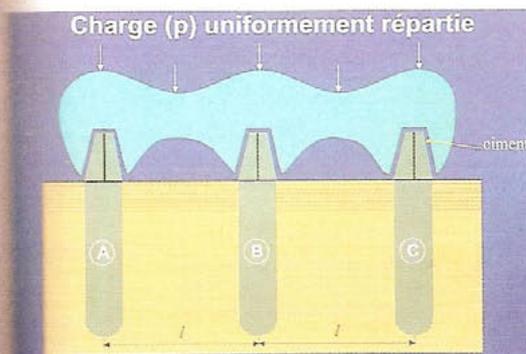


Fig 1- Schéma statique simplifié.

Hypothèses simplificatrices

- 1) La force de sollicitation (p) est uniformément répartie et verticale.
- 2) La rigidité de la superstructure est considérée suffisante pour que l'on puisse admettre qu'il s'agisse d'une poutre.

- 3) Les implants sont équidistants d'une longueur (l).

Détermination des réactions verticales sur A, B, C :

• Cas 1 : deux travées égales

$$M_{\max} = \frac{pl^2}{14,3} + \frac{sl^2}{10,5}$$

$$M_{\min} = -\frac{(p+s)l^2}{8}$$

$$V_{0\max} = R_{0\max} = 0,3750pl + 0,4375sl$$

$$R_{1\max} = 1,25(p+s)l$$

$$V_{1\min} = 0,3750pl - 0,0625sl$$

$$V_{1\max} = -0,625pl$$

$$V_{1\min} = -0,625(p+s)l$$

Fig 2-

Formule de flèche : $f = -5/384 \cdot p\ell^4/EI$

- E : module d'élasticité
- I : moment d'inertie
- p : densité de charge (force par unité de longueur)
- ℓ : unité de longueur

La formule de flèche nous montre que la charge totale qui s'exerce sur le système est (p x 2ℓ) soit 2 pℓ.

Avec les hypothèses simplificatrices admises, nous considérons que nous sommes dans un système hyperstatique constitué d'une poutre uniformément chargée reposant sur 3 appuis équidistants. Dans ce cas-là, le calcul montre que l'hyperstaticité surcharge l'appui central et soulage les appuis extrêmes, il vient :

$$R_A = 3 p\ell/8 \quad R_B = 10 p\ell/8 \quad R_C = 3 p\ell/8$$

Répartition non uniforme

$$R_A + R_B + R_C = 16 p\ell/8 = 2 p\ell$$

(évidemment égal à la sollicitation)

On s'aperçoit que dans cette configuration, on est loin d'une répartition uniforme. Les hypothèses simplificatrices ne changent rien à la chose ; des forces ponctuelles rendraient le calcul plus laborieux mais conduiraient aussi à la surcharge de l'appui central.

Cas n°2 : Implants solidarisés par une infrastructure



Fig 3-

Hypothèses simplificatrices : idem cas n°1.

Détermination des réactions verticales R_A , R_B et R_C :

La charge totale qui s'exerce sur le système est, comme précédemment, 2pℓ. Si l'on admet une certaine rigidité à la suprastructure, c'est-à-dire une capacité de continuité conférant l'hyperstaticité au système, les réactions R_A , R_B et R_C devraient tendre, sur l'ensemble constitué par les 3 implants et leur infrastructure à :

$$R_A = 3 p\ell/8 \quad R_B = 10 p\ell/8 \quad R_C = 3 p\ell/8$$

Rigidité des suprastructures

→ Hyperstaticité au système
→ On devrait obtenir

$$R_A = \frac{3pl}{8} \quad R_B = \frac{10pl}{8} \quad R_C = \frac{3pl}{8}$$

Fig 4-

Mais nous sommes dans le cas de la **superposition de 2 systèmes hyperstatiques.**

- a) la superstructure (bridge)
- b) les implants et l'infrastructure.

Si l'on reste dans le domaine des structures :

- Sous l'influence de R_A et R_C , les implants A et C imposent à l'os (qui a un module d'élasticité E_0) une déformation θ_A et θ_C (enfoncement).

R_A et R_C → Déformation de l'os
(module d'élasticité E_0)

θ_A et θ_C (enfoncement)

Fig 5-

- De même, R_B impose une déformation θ_B laquelle est les $10/3$ de θ_A et θ_C .

En clair, l'implant central (B) aurait tendance à s'enfoncer élastiquement trois fois plus que les implants latéraux (A et C). C'est alors qu'intervient, en **déformation**, l'ensemble hyperstatique implants + infrastructure. L'ensemble réagit comme un **système cantilever**.

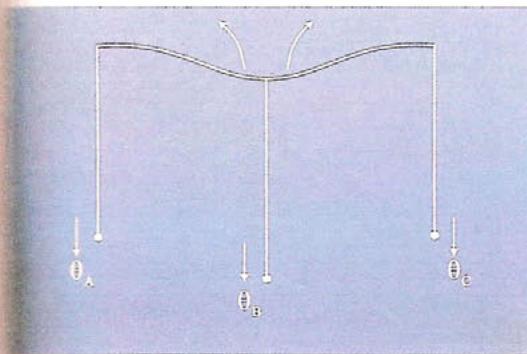


Fig 6-

1^{ère} phase

- Les 3 appuis s'enfoncent de $\theta_A = \theta_C$ mais l'implant B, plus chargé, a tendance à s'enfoncer plus ($\rightarrow \theta_B = 10/3 \theta_A$). Ce faisant, il mobilise, au-delà de l'enfoncement θ_A la rigidité de l'infrastructure qui réagit comme 2 demi-cercles.

En termes de forces :

- 1^{ère} phase : les 3 implants supportent $3 p\ell/8$
- 2^e phase : demeurent en B $7p\ell/8$ qui font réagir l'infrastructure en console.

Si on admet une rigidité infinie de l'infrastructure (par rapport à celle de l'os) ce reliquat de réaction $\Delta R_B = 7 p\ell/8$ se répartit uniformément sur les 3 implants A, B et C. Il vient alors :

$$\Delta R_B = 7 p\ell/8 = 21 p\ell/24$$

$$R_A = 3 p\ell/8 + 7 p\ell/24 = (9+7) p\ell/24$$

$$R_B = 3 p\ell/8 + 7 p\ell/24 = (16) p\ell/24$$

$$R_C = 3 p\ell/8 + 7 p\ell/24 = 16 p\ell/24$$

$R_A = R_B = R_C = 2 p\ell/3$ Répartition uniforme

En fait, on aura toujours une très légère surcharge de l'appui central, l'hypothèse de rigidité infinie de l'infrastructure par rapport à l'os étant certainement abusive. Il y a en fait un rapport de 1 à 10 en matière de module de l'élasticité.

La conclusion, c'est qu'incontestablement avec les hypothèses simplificatrices admises, une restauration prothétique à 2 étages avec une infrastructure rigide et ajustée qui solidarise les implants, répartit mieux les réactions d'appui sur les implants.

N.D.L.R. : Cet article a fait l'objet d'une conférence lors de la Journée des Membres de la S.I.E.R.R.A.

Dr Alain RUET - 59, avenue Serullaz - 69670 VAUGNERAY
Tél : 04 78 45 81 22 - Fax : 04 78 45 88 14

Bibliographie

- Buttion B.: Ingénieur INSA, ingénieur ESBA
Statique et Résistance des Matériaux.
- Goulet J., Boutin J.P.: Ingénieurs des Arts et Métiers
Résistance des Matériaux.
- Narhi T. DDS., Hevinga M. DDS., Voorsmit/Kalk DDS :
Maxillary overdentures retained by splinted and unsplinted implants.
JOMI Vol 16 N°2 2001.
- Schlosser F. : Ingénieur Laboratoire Central des Ponts et Chaussées
Lab de Mécaniques des Solides de l'Ecole Polytechnique - Eléments de mécanique des sols.